



中华人民共和国国家标准

GB/T 25964—2010

石油和液体石油产品 采用混合式油罐测量系统 测量立式圆筒形油罐内油品体积、 密度和质量的方法

Petroleum and liquid petroleum products—Determination of volume,
density and mass of the hydrocarbon content of vertical cylindrical tanks by
hybrid tank measurement systems

(ISO 15169:2003, MOD)

2011-01-10 发布

2011-05-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 常规预防措施	2
4.1 安全预防措施	2
4.2 设备预防措施	2
5 系统设备的选择和安装	3
5.1 概述	3
5.2 自动液位计	3
5.3 压力传感器	3
5.4 自动油罐温度计(ATT)	4
5.5 混合式处理器	4
5.6 可选传感器	5
6 HTMS 组件的精度影响	5
6.1 概述	5
6.2 ALG 的精度影响	5
6.3 压力传感器的精度影响	6
6.4 ATT 的精度影响	6
7 HTMS 的测量和计算	6
7.1 概述	6
7.2 HTMS 模式 1	6
7.3 HTMS 模式 2	8
8 初始校准与现场检验	9
8.1 概述	9
8.2 初始准备	9
8.3 初始校准	9
8.4 混合处理器计算结果的检验	9
8.5 初始现场检验	9
9 定期检验	10
9.1 概述	10
9.2 目的	11
9.3 定期检验期间的调整	11
9.4 基于体积交接的定期检验	11
9.5 基于质量交接的定期检验	12
9.6 用于交接计量的 HTMS 在定期检验期间的超差处理	12
附录 A (资料性附录) 计算综述	13
附录 B (资料性附录) 测量精度和不确定度分析	17

前 言

本标准修改采用 ISO 15169:2003《石油和液体石油产品 采用混合式油罐测量系统测量立式圆筒形油罐内液体体积、密度和质量的方法》。

本标准根据 ISO 15169:2003 重新起草,本标准的章条结构与国际标准一致。

在采用 ISO 15169:2003 时,本标准结合我国国情进行了下列技术性修改:

- 鉴于罐壁温度采用 GB/T 19779 的算法,因此增加 GB/T 19779《石油和液体石油产品油量计算 静态计量》作为规范性引用文件;
- 由于现场不便采用组件校准,因此将表 3 中自动油罐温度计基于体积交接计量的固有精度统一改为按系统校准的固有精度;
- 对于 6.2 第 4 段中的“如果 HTMS 主要用于质量或密度测量,……”,删除其中的“或密度”,理由是 ALG 精度的降低会对密度测量结果造成较大影响;
- 为避免造成误解,将 8.5.2.1 中的“1) 对于零点调整,应断开变送器通向大气的压力端口。……”改为“1) 对于零点调整,应断开压力变送器与油罐的连接管线,并使其引压口通向大气。……”;
- 为适合于我国的使用习惯,在表 5 中补充用石油计量表确定标准密度(D_{ref})和体积修正系数(VCF)的内容;
- 表 6 中的公式 $D_{obs} = D_{ref}/VCF$ 有错误,应将其改为 $D_{obs} = D_{ref} \times VCF$;
- 为适合于我国的使用习惯,在表 6 中补充用石油计量表确定体积修正系数(VCF)的内容。

本标准还做了下列编辑性修改:

- 将 5.2.1 中涉及压力传感器命名习惯内容说明的注放到 5.3.1 中;
- 在 6.3 的最后增加“注:压力传感器的最大误差应包含温度附加误差。”;
- 将资料性附录 A 的 A.2 中毛计量体积的计算公式中的浮顶调整量(FRA)改为浮顶的排液体积(FRV),同时补充计算浮顶排液量的公式;
- 修改了资料性附录 B 的表 B.3、表 B.4、表 B.5 和 B.6 中的部分计算数据;
- 将资料性附录 B 的 B.2 中 B 值公式中的“ $U_{PI-zero}$ ”改为“ $U_{P3-zero}$ ”。

本标准的附录 A 和附录 B 为资料性附录。

本标准由全国石油产品和润滑剂标准化技术委员会(SAC/TC 280)提出。

本标准由全国石油产品和润滑剂标准化技术委员会石油静态和轻烃计量分技术委员会(SAC/TC 280/SC 2)归口。

本标准负责起草单位:中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院、北京瑞赛长城航空测控技术有限公司。

本标准参加起草单位:中国石油化工股份有限公司浙江石油分公司。

本标准起草人:魏进祥、董海风、黄岑越、徐顺福。

石油和液体石油产品 采用混合式油罐测量系统 测量立式圆筒形油罐内油品体积、 密度和质量的方法

1 范围

本标准给出了混合式油罐测量系统(HTMS)的选型、安装、调试、校准和检验指南,通过该系统可以测量罐内储存的石油和石油产品的液位、静态质量、计量体积和标准体积以及计量密度和标准密度,以满足油品交接计量的需要。在交接计量中,采用油品的体积数或质量数由用户决定,但本标准仍包括了相关不确定度的分析及实例,目的是帮助用户正确选择 HTMS 的组件配置,以达到预期的计量指标。

本标准适用于静止不动的立式圆筒形油罐,其储存油品的雷德蒸汽压(RVP)低于 103.42 kPa。

本标准不适用于压力罐或船舱计量。

注 1: 术语“质量”用于指示真空中的质量(真实质量)。在石油工业中,表观质量(空气中)常用于商业交接。因此,标准中也提供了关于质量和空气中表观质量的计算方法(参见附录 A)。

注 2: 本标准的计算方法也可用于其他形状的油罐,这些油罐已按国家标准方法进行过标定。在附录 B 中给出了球形和水平圆筒形油罐不确定度分析的计算实例。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 1884 原油和液体石油产品密度实验室测定法(密度计法)(GB/T 1884—2000, eqv ISO 3675:1998)

GB/T 1885 石油计量表(GB/T 1885—1998, eqv ISO 91-2:1991)

GB/T 4756 石油液体手工取样法(GB/T 4756—1998, eqv ISO 3170:1988)

GB/T 18273 石油和液体石油产品 立式罐内油量的直接静态测量法(HTG 质量测量法)(GB/T 18273—2000, eqv ISO 11223-1:1995)

GB/T 19779 石油和液体石油产品油量计算 静态计量

GB/T 21451.4 石油和液体石油产品 储罐中液位和温度自动测量法 第 4 部分:常压罐中的温度测量(GB/T 21451.4—2008, ISO 4266-4:2002, MOD)¹⁾

SH/T 0604 原油和石油产品密度测定法(U 型振动管法)(SH/T 0604—2000, eqv ISO 12185:1996)

ISO 91-1:1992 石油计量表 第 1 部分:以 15 °C 和 60 °F 为标准温度的表

ISO 1998(所有部分) 石油工业 术语

ISO 4266-1 石油和液体石油产品 储罐中液位和温度的自动测量法 第 1 部分:常压罐中的液位测量

3 术语和定义

ISO 1998(所有部分)确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

1) GB/T 21451 包括 6 个部分,目前颁布实施只有 GB/T 21451.4,其他部分正在制定中。

3.1

混合式油罐测量系统 hybrid tank measurement system
HTMS

采用自动液位计(ALG)测量的油品液位,自动油罐温度计(ATT)测量的油品温度以及一个或更多的压力传感器测量的液体静压进行计量的系统。

注:这些测量数据与油罐容积表和石油计量表一起使用,提供液位、温度、质量、计量体积和标准体积、以及计量密度和标准密度。

3.2

混合式处理器 hybrid processor

使用 HTMS 测量的液位、温度和压力数据,结合储罐参数计算密度、体积和质量的计算装置。

3.3

混合法参照点 hybrid reference point

位于罐壁外侧,用来测量混合式压力传感器位置的稳定清晰的标记点。

注:混合法参照点应相对于基准点进行测量。

3.4

压力变送器的零点误差 zero error of pressure transmitter

作用到压力变送器的输入压力和环境压力不存在压差时的压力变送器的显示值。

注:该值用压力计量单位表示,如 Pa。

3.5

压力变送器的线性误差 linearity error of a pressure transmitter

压力变送器示值相对于输入变送器的实际压力的偏差。

注:该值不应包括零点偏差,用相对于实际压力的分数或百分数表示(即读数的几分之几或百分之几)。

4 常规预防措施

4.1 安全预防措施

4.1.1 概述

在使用 HTMS 设备时,应遵守有关安全的法律法规以及材料兼容性的预防措施,同时也应遵守生产厂关于设备使用和安装的建议以及进入危险区域包括的所有规定。

4.1.2 机械安全

HTMS 传感器的连接件与油罐结构构成一个整体。HTMS 的所有设备应该能够承受在实际使用中可能遇到的压力、温度、运行和环境条件。

4.1.3 电器安全

用于电气分类区域的 HTMS 系统的所有电器组件应符合区域分类规定,而且也应符合相应的国家电气安全标准和/或国际电气安全标准(例如:IEC,CSA,CENELEC,ISO)。

4.2 设备预防措施

4.2.1 HTMS 设备应该能够承受在实际运行中可能遇到的压力、温度、运转和环境条件。

4.2.2 所有电气设备及组件应保证适合于它们安装的危险区域。

4.2.3 进行实际测量,确保 HTMS 裸露的所有金属部件与油罐具有相同的电位。

4.2.4 接触油品或蒸气的所有设备或部件与油品应具有化学兼容性,以避免产品污染和设备腐蚀。

4.2.5 HTMS 所有设备及部件应该保持在安全的操作条件下,而且应该遵守生产厂的保养规定。

注:HTMS 或其组件的设计和安装可能要通过国家计量主管部门的批准,该组织通常要为 HTMS 的设计用于特殊服务发布型式批准。型式批准通常在 HTMS 已经通过一系列检验之后发布,而且附属于按批准方式安装的 HTMS。

型式批准可以包括如下内容:外观检查、性能、振动、湿度、燥热、倾斜、供电波动、绝缘、电阻、电磁兼容性以及高压。

5 系统设备的选择和安装

5.1 概述

混合式油罐测量系统包括四个主要组件：自动液位计(ALG)、自动油罐温度计(ATT)、一个或多个压力传感器以及存储油罐参数并执行计算的混合处理器。在 5.2 到 5.6 中规定了各组件的技术要求。

用户应该明确 HTMS 主要用于计量标准体积，还是计量质量，以及交接计量需要达到的计量精度。

用户和生产厂应选择 HTMS 的组件并进行系统配置，以满足使用要求。用户计量的精度要求决定了 HTMS 每个组件的精度要求。

注：附录 A 提供了 HTMS 的测量原理和计算方法。第 6 章和附录 B 提供了组件选择影响 HTMS 总精度的评估方法。

5.2 自动液位计

5.2.1 按照 HTMS 的使用目的选择自动液位计(ALG)，例如：是用于基于体积的交接计量，还是用于基于质量的交接计量，或两者兼有。同样，ALG 安装后的精度应适合于使用需要。

5.2.2 由设备厂家校准证实的 ALG 的固有精度以及在现场检验期间证实的安装后的精度应符合表 1 的规定。

表 1 ALG 的最大允许误差

精度类型	最大允许误差	
	基于体积的交接计量	基于质量的交接计量
固有精度	1 mm	3 mm
安装后的精度	4 mm	12 mm

注：对于基于体积的交接计量，ALG 的最大允许误差源于 ISO 4266-1。

ALG 的精度对压力传感器 P_1 以上液位计算的质量没有影响，原因是密度误差与体积误差的抵消影响。然而由 ALG 测量误差引起的计算密度的不确定度会影响根部质量（即 P_1 以下的部分）。因此，对于基于质量的交接计量，按表 1 选择 ALG 的精度要尽可能减小根部质量的误差。此外，通过减小在计算密度中的不确定度，也可以提供一种方式来专门监测压力变送器的性能。

5.2.3 按照 ISO 4266-1 进行 ALG 的选型和安装，但对基于质量交接的 HTMS，ALG 的最低精度应符合表 1 的规定。

5.3 压力传感器

5.3.1 按照实际应用中不确定度的计算选择 HTMS 的压力传感器（参见第 6 节和附录 B）。压力传感器的安装应符合 GB/T 18273 的相关规定。压力传感器的精度要求取决于 HTMS 的应用目的，即是基于体积的交接计量，还是基于质量的交接计量，或两者兼有。最大允许误差见表 2。

注：压力传感器（靠近罐底的 P_1 ，油气空间的 P_3 ）的命名习惯与 GB/T 18273 一致，该标准描述了一种静压式油罐计量（参见图 A.1）。

表 2 压力传感器的最大允许误差

精度类型		最大允许误差	
		基于体积的交接计量	基于质量的交接计量
P_1	零点误差	100 Pa	50 Pa
	线性误差	读数的 0.1%	读数的 0.07%
P_3^a	零点误差	40 Pa	24 Pa
	线性误差	读数的 0.5%	读数的 0.2%

^a 假如使用 P_3 。

压力传感器 P_2 的量程可能远小于压力传感器 P_1 所选择的量程,原因是油气压力最大测量值一般不超过 5 kPa。

5.3.2 HTMS 的压力传感器应该精确稳定,并且牢固安装在罐壁的规定位置(或浸没在参比基准板以上的规定位置)。用于常压储罐的压力传感器应当是表压变送器(一个端口开向大气)。

5.3.3 使用电子模拟输出或数字输出取决于对预期使用的压力传感器的总精度要求。

5.4 自动油罐温度计(ATT)

5.4.1 根据 HTMS 的使用目的选择自动油罐温度计,例如:是基于体积的交接计量,还是基于质量的交接计量,或两者兼有。同样,ATT 的安装精度也应该适合于使用需要。

5.4.2 由厂家校准证实的 ATT 的固有精度以及在现场检验期间证实的安装精度应符合表 3 的规定。

表 3 ATT 的最大允许误差

精度类型	最大允许误差	
	基于体积的交接计量	基于质量的交接计量
固有精度	0.25 °C	0.5 °C
安装后的精度	0.5 °C	1.0 °C

注:对于基于体积的交接计量,ATT 的最大允许误差源于 GB/T 21451.4。

5.4.3 按照 GB/T 21451.4 进行 ATT 的选型和安装,但对基于质量交接的 HTMS,ATT 的最低精度应符合表 3 的规定。

5.4.4 取决于 HTMS 的使用目的和精度要求,ATT 可以是平均 ATT,或者是单个的点温传感器,其中平均 ATT 由安装于适当高度的多个固定式的温度传感器或一系列点温传感器组成。当 HTMS 主要用于确定标准体积时,则应使用能提供平均温度的 ATT;当 HTMS 主要用于确定质量时,则使用一个单点或点局部温度(RTD)就足够了。

5.4.5 如果存在多个元件并可由未浸没的元件独立测量油蒸气的温度,则可选用 ATT 计算油蒸气的密度。对于保温罐,ATT 的浸没元件也可以替代用于油蒸气密度的测定。

5.5 混合式处理器

5.5.1 混合式处理器可用多种方式实现,包括本机安装的微处理器、远传计算机或用户的计算机系统。混合式处理器可专用于一个罐或共用于几个罐。

5.5.2 混合式处理器从传感器接收数据,将该数据与油罐和油品的参数一起使用来计算储罐中库存油品的计量密度、标准密度、质量、计量体积和标准体积(参见图 A.1)。储存参数划分为六组:油罐数据、ALG 数据、ATT 数据、压力传感器的数据、油品数据和环境数据(见表 4)。

表 4 典型的 HTMS 参数

参数组别	参 数	注 释
油罐数据	罐顶类型	固定顶、外浮顶或内浮顶
	浮顶(盘)质量	仅指浮顶罐
	临界区高度	仅指浮顶罐
	支腿高度	仅指浮顶罐
	罐壁类型	保温或非保温
	罐壁材质	热膨胀系数
	罐容表	规定液位的容积
	油罐标定温度	罐容表修正到的温度
	液位 $h_{\min}$	对于所有罐(见 6.2)
	液位 h_0	混合法参照点到基准板(点)的距离

表 4 (续)

参数组别	参 数	注 释
ALG 组件的数据	测量数据 参比高度	实高、空高 基准板(点)到 ALG 的垂直距离
压力传感器数据	传感器的配置 传感器的位置 h_s 传感器 P_s 的高度	油罐可以拥有一个或更多的传感器 相对混合法参照点的高度(见图 A.1)
ATT 组件的数据	ATT 的类型 元件类型 元件数目 元件的垂向位置	可以在 ALG 中编程 电阻式或其他方式,可以在 ALG 中编程
油品数据	储存产品对应的石油计量表 蒸气参数 游离水高度	详细资料见 GB/T 1885
环境数据	当地的重力加速度 环境温度 环境压力	由权威机构得到 可选 可选

5.5.3 混合式处理器也可以进行多种 HTMS 组件的线性化和/或温度补偿修正。

5.5.4 混合式处理器测量和计算的所有变量应能够显示、打印或传输到其他处理器。

注:混合式处理器通常进行的计算参见附录 A。

5.6 可选传感器

5.6.1 压力变送器

用中部变送器(P_2)可计算出用于比较或警示目的的替代密度(即静压式油罐计量或 HTG),也可以将其用于 ALG 无法使用时备用密度的计算(详见 GB/T 18273)。

5.6.2 测定大气密度的手段

5.6.2.1 环境空气密度是 HTMS 密度计算中需要获得的次要参数。本标准没有给出环境空气密度的测定方法。如果需要,可以使用环境气体温度和压力的传感器更精确地测定环境空气密度。

5.6.2.2 大气温度和压力的单个测量数据可以用于相同位置的所有罐。

6 HTMS 组件的精度影响

6.1 概述

HTMS 每个组件的精度影响一个或更多的测量或计算参数。在某些应用中,可以将 HTMS 设计成为某些参数提供较高的精度,但可能也要接受其余参数的精度损失。例如,如果所设计的 HTMS 主要是用 HTMS 测量的油品密度来获得毛标准体积,则所选择的组件应使平均油品密度的精度不会影响到体积修正系数(VCF)的确定(参见表 B.6 中的例子)。

在 6.2 到 6.4 中给出了组件精度对测量和计算参数的影响。附录 B 中的公式可以帮助用户由 HTMS 每个基本测量数据(液位、压力和温度)的不确定度计算出由它们引起的计量密度、质量和毛标准体积静态测量的误差大小。

6.2 ALG 的精度影响

组件 ALG 及其安装精度对液位、计量密度和标准密度以及计量体积和标准体积的影响最大。

液位测量误差对计算质量影响很小,原因是油品体积和密度的误差相互抵消。

注:在立式罐中,质量误差的抵消影响是最大的。在球形或水平圆筒形罐中,质量误差的抵消影响稍微小一些。对于不同几何结构的油罐,可以使用 B.3 中不确定度的公式预测 ALG 精度对质量的影响。

如果使用 HTMS 测量交接计量中的标准体积,则 ALG 的精度应满足 ISO 4266-1 的相关规定。如果 HTMS 主要用于质量测量,则 ALG 的精度与 ISO 4266-1 的规定相比,可以稍微降低。上述两种情况下 ALG 的最大允许误差见表 1。

6.3 压力传感器的精度影响

压力传感器(P_1 和 P_3)的精度对计量密度、标准密度和质量有直接影响。然而, P_1 和 P_3 的测量误差对计量体积几乎没有影响,且只对标准体积有较小影响。

压力传感器的总精度取决于零点和线性误差两个方面。零点误差属于绝对误差,用压力测量单位表示(例如,帕斯卡)。线性误差通常用读数的百分数表示。在液位较低时,零点误差是不确定度分析中的主要因素。生产厂应明确给出在预期操作温度范围内的零点和线性误差(零点误差用绝对单位表示,线性误差用读数的百分数表示)。用户通过它就能够检验压力传感器对总不确定度的误差贡献是否适用于 HTMS 精度要求(参见附录 B)。(零点误差和线性误差的最大允许值见表 2)。

以压力单位表示的压力传感器的总误差可以用下式计算:

$$U_{P\text{-total}} = U_{P\text{-zero}} + (p_{\text{applied}} \times U_{P\text{-linearity}})/100$$

式中:

$U_{P\text{-total}}$ ——压力传感器的总误差,单位为帕斯卡(Pa);

$U_{P\text{-zero}}$ ——压力传感器的零点误差,单位为帕斯卡(Pa);

p_{applied} ——输入到压力传感器的压力,单位为帕斯卡(Pa);

$U_{P\text{-linearity}}$ ——压力传感器的线性误差,用读数的百分数表示。

作用在压力传感器 P_1 上的压力($p_{1\text{ applied}}$)大约是液体压头、蒸汽压头以及压力安全阀最大设置压力的总和(参见附录 B)。

对于压力传感器 P_3 ,蒸汽压力与液位无关,因此应该将压力安全阀的最大值(即 $p_{3\text{ max}}$)作为 $p_{3\text{ applied}}$ 。(关于压力传感器的最大允许误差见表 2)。

注:压力传感器的最大误差应包含温度附加误差。

6.4 ATT 的精度影响

ATT 的精度直接影响标准密度和标准体积的精度。测量平均温度的目的是准确测定标准密度和标准体积(见 GB/T 21451.4)。

ATT 的精度对任意结构油罐内的计量密度没有影响,只对 HTMS 测定的质量有较小影响。对主要用于质量测量所设计的 HTMS,采用单点或局部温度(例如 RTD)应该就足够了。

注:由于罐壁的工作温度一般不同于油罐标定的参比温度,因此应进行罐壁的热膨胀修正,则温度误差会影响计算体积和质量的精度。

7 HTMS 的测量和计算

7.1 概述

当油品液位靠近底部压力传感器(P_1)时,计算(计量)密度的不确定度会变得较大。这是因为随着液位降低,ALG 测量液位的不确定度作为液位百分数会逐渐增加, P_1 测量压力的不确定度作为液体压头百分数也会逐渐增加。在低液位各种参数的计算中,应考虑这种影响。

HTMS 的测量和计算定义为两种模式,它不仅取决于用户以那种计量数据为主要数据(即标准体积或质量),而且也取决于油品的特性(即均匀密度或分层密度)。HTMS 的模式(模式 1 和模式 2)可以由用户根据使用目的和油品特性自行选配。

7.2 HTMS 模式 1

当主要关心的是标准体积,而且油品密度在低液位保持相对一致时,HTMS 模式 1 为最佳选择。当液位在预定液位($h_{\min}$)之上时,模式 1 连续计算出罐内液体的平均密度。当液位在 $h_{\min}$ 以下时,模式 1 使用液位下降到 $h_{\min}$ 时最后计算的标准密度(D_{ref})。

另一种替代办法是当液位在 $h_{\min}$ 以下时,如果油品分层或有新油品进入油罐, D_{ref} 可以手工输入。

表 5(方法 A)和表 6(方法 B)分别规定了液位在高于 $h_{\min}$ 和低于 $h_{\min}$ 时,模式 1 所要求的 HTMS 的测量和计算方法。

在 HTMS 模式 1 中,随液位变化使用方法 A 和方法 B 计算的附加解释见图 1。

表 5 HTMS 的测量数据和计算数据汇总——计算法 A

参 数	测量或计算方法
油品液位(L)	由 ALG 测得
油品平均温度(t)	由 ATT 测得
油品计量密度(D_{obs})	用 A.3 中的公式计算
标准密度(D_{ref})	先将 D_{obs} 修正到相当于玻璃密度计的视密度(修正公式见 SH/T 0604),然后查石油计量表的标准密度表获得,或者由 D_{obs} 和 t 通过迭代的方法计算 ^a
体积修正系数(VCF)	由标准密度 D_{ref} 和油品的平均温度 t 查石油计量表的体积修正系数表或按 $VCF = D_{\text{obs}} / D_{\text{ref}}$ 计算
毛计量体积(GOV)	由 ALG 测得的液位 L 和罐容表计算 ^b
毛标准体积(GSV)	按 $GSV = GOV \times VCF$ 计算
质量(真空中)	按 $m_{\text{真空}} = GOV \times D_{\text{obs}}$ 计算
注 1: 本表仅适用于模式 1 在 $h_{\min}$ 及其以上的液位。 注 2: 本表仅适用于模式 2 在 P_1 “断开”以上的液位。 注 3: 油品在空气中表观质量的算法参见附录 A 的 A.5。	
^a 如果 HTMS 的测量密度不可靠或不存在,则可以使用手工密度。	
^b 如果存在游离水(FW),应该将其从罐内液体的总计量体积(TOV)中扣除后获得。 $GOV = TOV - FW$ 。	

表 6 HTMS 测量数据和计算数据汇总——计算法 B

参 数	测量或计算方法
油品液位(L)	由 ALG 测得
油品平均温度(t)	由 ATT 测得
油品计量密度(D_{obs})	按 $D_{\text{obs}} = D_{\text{ref}} \times VCF$
标准密度(D_{ref})	使用上次 D_{ref} 的计算值。对于模式 1,当 L 在 $h_{\min}$ 以下时;对于模式 2, L 在 P_1 以下时, D_{ref} 保持不变 ^a
体积修正系数(VCF)	由 ATT 测量的温度 t 和模式 1 中 $L = h_{\min}$ 时或者模式 2 中 L 在 P_1 以下时储存的标准密度 D_{ref} 查石油计量表的体积修正系数表得到
毛计量体积(GOV)	由 ALG 测得的液位 L 和罐容表计算 ^b
毛标准体积(GSV)	按 $GSV = GOV \times VCF$ 计算
质量(真空中)	按 $m_{\text{真空}} = GSV \times D_{\text{ref}}$
注 1: 本表适用于模式 1 在 $h_{\min}$ 以下和“ P_1 断开液位”以下的液位。 注 2: 油品在空气中表观质量的算法参见附录 A 的 A.5。	
^a HTMS 的测量密度不可靠或不存在,可以使用手工密度。	
^b 在游离水(FW),应该将其从罐内液体的总计量体积(TOV)中扣除后获得。 $GOV = TOV - FW$ 。	

7.3 HTMS 模式 2

当主要关心的输出值是油品质量时,HTMS 模式 2 为最佳选择。当标准体积为主要输出值,而且用户预计在低液位时储存的标准密度(模式 1)不代表实际的标准密度(由分层或引入新油品引起)时,模式 2 也是最好的选择。

HTMS 模式 2 不使用 $h_{\min}$ 或保存的油品密度。对于这种模式,在 P_1 以上所有液位,HTMS 会计算标准密度(D_{ref})。然而,为确保压力传感器总是完全浸没,本模式引入了“ P_1 断开液位”。如果油品在断开液位或其以下液位时,应使用最后计算的 D_{ref} 并保持不变。在该液位以上时,按方法 A(表 5)进行全部的测量和计算。在该液位以下时,按方法 B(表 6)进行测量和计算。

在 HTMS 模式 2 中,随液位变化使用方法 A 和方法 B 计算的附加解释见图 1。

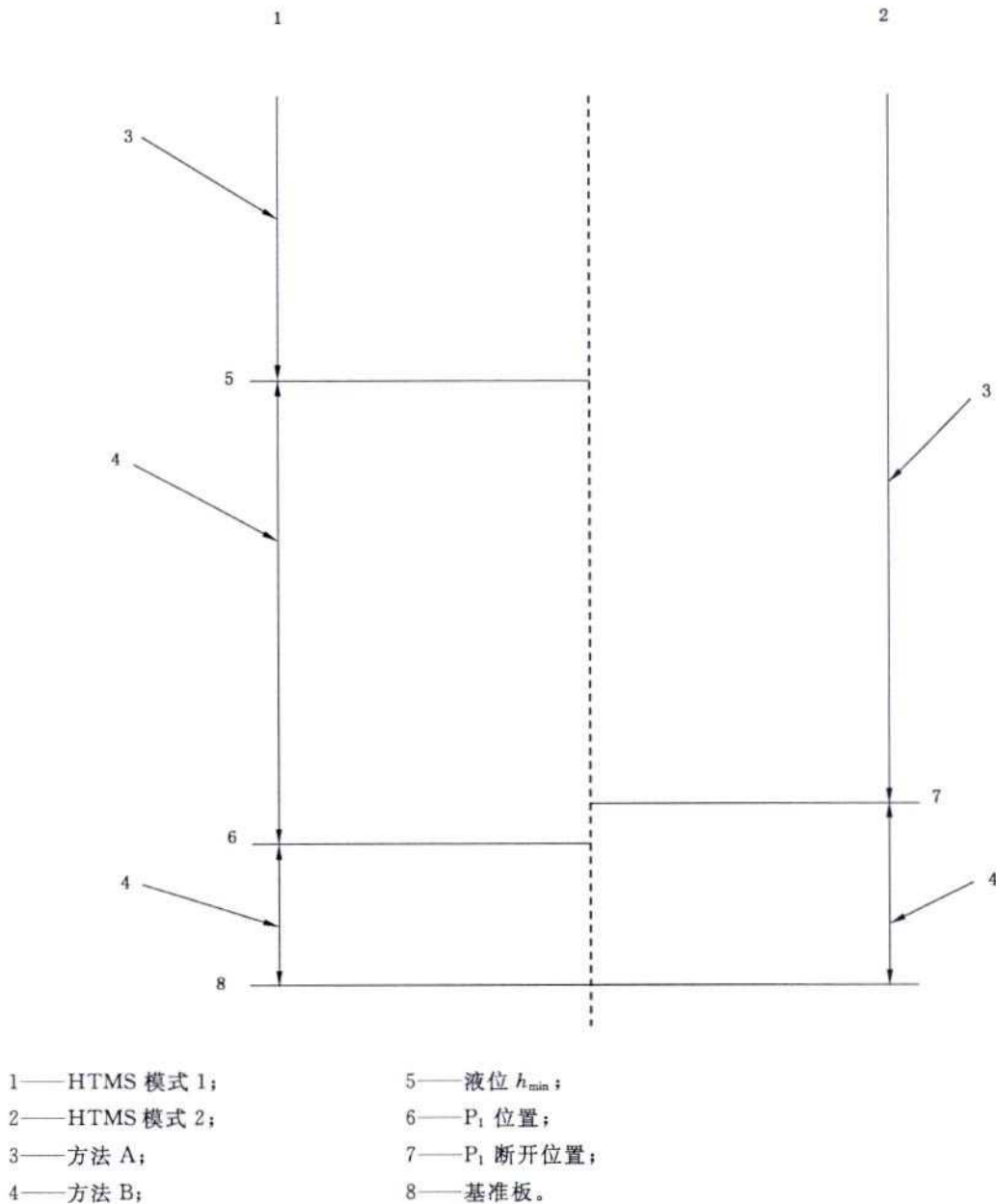


图 1 HTMS 与液位相关的模式 1 和模式 2 的计算方法简图

8 初始校准与现场检验

8.1 概述

所有测量组件在安装前通常在工厂校准。在 HTMS 系统投入使用前, HTMS 应进行调试, 这不仅涉及到校准, 而且涉及到配置和检验。

8.2 初始准备

8.2.1 罐容表的确认

混合处理器通常要储存能再现油罐容积表的足够数据, 应对照油罐容积表核实这些数据。

8.2.2 混合法参照点的建立

压力变送器 P_1 和 ALG 相对油罐容积表对应的基准点的位置应准确确定。为便于实际使用, 引入混合法参照点的概念。混合法参照点通过 h_o 与油罐基准点关联起来(参见图 A.1)。

建议将混合法参照点定位在靠近压力变送器 P_1 的引压件位置, 并且应清晰永久地标记在油罐外壁上。

混合法参照点相对油罐基准点的高度(h_o)应精确测量、记录并输入到混合处理器。压力传感器有效中心到混合法参照点的高度(h_b)也要测量。压力传感器相对油罐基准点的高度($z = h_o + h_b$)由此计算出来并输入到混合处理器(参见图 A.1)。

注: 混合法参照点能用于变送器 P_1 今后位置的检验或变送器重新安装后的测定。由此可避免重新测量变送器 P_1 相对油罐基准的位置。

8.2.3 HTMS 的参数输入

建立 HTMS 的参数并输入到混合处理器。这些参数包括油罐数据(例如容积表)、混合法参照点和传感器 P_1 之间的高度、混合法参照点和油罐基准点之间的高度、ALG 参比高度、HTMS 的模式、 h_{min} 的值、“ P_1 断开液位”、大气数据、压力传感器的参数、ALG 和 ATT 的组件参数以及油品参数(见表 4)。

8.3 初始校准

8.3.1 概述

HTMS 的每个组件应分别校准, 例如不应使用由压力传感器导出的数据校准 ALG, 反之亦然。

8.3.2 ALG 的校准

按照 GB/T 21451.1(或 ISO 4266-1)现场校准 ALG, 但应符合本标准表 1 中给出的合适允差。

8.3.3 压力传感器的校准和零点调整

HTMS 的压力传感器通常由生产厂负责校准。除了压力传感器的零点调整外, 在现场通常不能进行其他调整。压力传感器在安装后的校准应使用可溯源到国家基准的精确压力校准器进行检查。如果发现压力传感器超出了规定要求, 则应进行更换。

压力传感器的零点调整应使用 GB/T 18273 中给出的方法进行。

8.3.4 ATT 的校准

ATT 应按照 GB/T 21451.4 进行校准, 但应符合本标准表 3 中给出的合适允差。

8.4 混合处理器计算结果的检验

采用合适的检验数据, 用手工计算检查混合处理器的计算结果, 二者应相互一致。

8.5 初始现场检验

8.5.1 概述

在 HTMS 调试和初始检验中, 其最后一步是对照手工法进行检验。如果手工检查表明 HTMS 的数据没有落在系统预期的允差之内, 则应重复部分或全部的调试校准和手工检验的程序。

8.5.2 基于体积计量的初始现场检验

8.5.2.1 基于体积的 HTMS 用于交接计量时, 其主要组件应作如下检验:

- a) ALG 应按 ISO 4266-1 给出的程序和允差进行检验;
- b) ATT 应按 GB/T 21451.4 给出的程序和允差进行检验;

c) 压力传感器(如果压力传感器和变送器是相互独立的装置,则还应包括变送器)应进行现场调零和线性检验。因此,应通过现场显示器、手持终端或专用计算机来提供读取压力传感器数字压力值的方法:

- 1) 对于零点调整,应断开压力变送器与油罐的连接管线,并使其引压口通向大气。调整后的零点误差应大约为零;
- 2) 使用已溯源到国家基准的高精度的压力基准检验压力传感器的线性。线性检验应当在压力范围大约 50% 和 100% 的至少两个试验压力进行。通过计算压力传感器示值(减去观察到的零点误差)和压力基准之间的偏差给出相对的线性误差,该误差也可以转化为误差百分数,由此可以确定线性误差。对于任何试验压力,所产生的线性误差不应超过表 2 给出的最大线性误差;

注:对于高精度的压力变送器,在现场条件下可能难以或不能实际调整变送器的线性。

- 3) 传感器/变送器在完成调零和线性检验之后,应该进行最后一次检查,确定零点误差是否保持在表 2 给出的精度之内。残留的零点读数和线性误差应记载成文件资料。

8.5.2.2 由 HTMS 测定的标准密度也应当与通过检验有代表性的罐内样品所测定的油品平均密度进行对比。其中取样按 GB/T 4756 进行,密度测定按照 GB/T 1884 或 SH/T 0604 进行。

当 HTMS 提供在线测量密度时,即液位在 $h_{\min}$ 以上,密度比较应当在 P_1 之上大约 $(4 \pm 0.5)\text{m}$ 的液位进行。HTMS 测定的油品密度与油罐样品的密度之差应在密度读数的 $\pm 0.5\%$ 内。如果罐内油品均匀,由手工取样引起的不确定度应该降低,因此可以使用更严格的允差(即小于读数的 $\pm 0.5\%$),该允差可以使用统计质量控制的方法建立。

如果罐内储存的是完全均匀的产品(例如某些纯净的石化液体),则其标准密度可以根据物理学的方法准确测定,并可将其作为该产品最准确的代表密度,HTMS 的测量密度可与该标准密度进行比对。

注 1: $\pm 0.5\%$ 的允差建立在手工取样的不确定度和实验室分析的重复性的基础上。手工取样的不确定度可能随着罐内密度的分层而改变较大,而且取决于取样使用的计量口位置以及实际使用的方法。

注 2: HTMS 测量密度可接受的不确定度是根据该不确定度对体积修正系数(VCF)或液体温度修正系数(CTL)的影响来确定的。

此外,对于均匀油品,如果可以使用在线密度计测量密度,而且该密度计已经采用已溯源到国家基准的标定基准进行过校准,则对于进出油罐的批量油品,可以将 HTMS 测得的平均密度与密度计测量的密度进行比对,而且也可以使用上述允差。

8.5.3 基于质量计量的初始现场检验

8.5.3.1 基于质量的 HTMS 用于交接计量时,其主要组件应作如下检验:

- a) ALG 应按 ISO 4266-1 给出的程序进行检验,但允差可以放宽到 12 mm;
- b) ATT 应按 GB/T 21451.4 给出的程序和允差进行检验,但允差可以放宽到 1 °C;
- c) 压力传感器(如果压力传感器和压力变送器是独立装置,则还应包括变送器)影响质量测量的精度,应进行调零并使用合适的已溯源到国家基准的压力基准(例如一种手持终端或精确的压力校准器)进行测量,确定传感器/变送器是否保持在表 2 所给出的精度以内。

注:对于高精度的压力变送器,在现场条件下可能难以或不能实际测量变送器,因此可能无法执行该步骤。

8.5.3.2 按照 8.5.2.2 中给出的方法检验 HTMS 的测量密度。

8.5.3.3 HTMS 质量计量的精度应使用 GB/T 18273 规定的方法进行检验。

注:GB/T 18273 中给出的精度是“输转精度”,因此检验涉及到油罐输入或输出的液体量。

9 定期检验

9.1 概述

用于交接计量的 HTMS 在完成调试和初始现场检验之后,还应该在现场进行定期检验。定期检验

也称为“确认”。

在 9.2 和 9.6 中规定了调试后 HTMS 的检验和必要的再校准方法。

注：检验不同于校准，其中不涉及传感器或混合处理器参数的修正。

9.2 目的

定期检验有如下的目的：

- a) 确保 HTMS 的性能保持在所要求的精度范围内；
- b) 只要交接各方能够接受，则允许使用统计质量控制的方法建立重复校准的频率。

9.3 定期检验期间的调整

如果检验过程确认了 HTMS 的性能变动超出了预定的范围，则应对其进行重新校准和/或重新调整。否则，在检验过程中，不应进行调整。该范围应考虑到 HTMS、标准设备以及 HTMS 性能要求的预期组合测量不确定度。

9.4 基于体积交接的定期检验

9.4.1 方法和允差

9.4.1.1 基于体积交接的 HTMS，应对其主要组件进行如下检验：

- a) ALG 应按照 ISO 4266-1 中给出的定期检验的方法和允差进行检验（对于立式圆筒形罐）；
- b) ATT 应按照 GB/T 21451.4 中给出的定期检验的方法和允差进行检验（对于立式圆筒形罐）；
- c) 压力传感器/变送器的稳定性应进行如下检验：
 - 1) 现场检验变送器的零点。零点读数（“存在”）值不应超过表 2 中给出的零点误差的厂家规定值或最大建议值。如果零点读数大于表 2 给出的最大建议值，且不超过厂家的规定值，则变送器应调零，或者进行零点的软件修正。零点读数“存在”值和“残余”值应记载成文件资料。如果超过厂家的规定值，则应向厂家咨询；
 - 2) 使用已溯源到国家基准的高精度的压力校准器现场检验变送器的线性。线性误差不应超过制造厂的规定值或表 2 给出的最大建议值。如果超过了厂家的规定值，则应向厂家咨询。线性读数“存在”值和“残余”值应记载成文件资料。

注：对于高精度的压力变送器，在现场条件下，难于或不能实际调整变送器的线性。

9.4.1.2 HTMS 测定的油品密度也应当与通过对具有代表性的油罐样品的实验分析所测定的产品密度进行比对。其中取样按 GB/T 4756 进行，密度测定按照 GB/T 1884 或 SH/T 0604 进行。

密度比对应当在大约 $(4 \pm 0.5)\text{m}$ 的液位以及 HTMS 可以在线测量密度（即液位在 $h_{\min}$ 以上）时进行。HTMS 测量的油品密度与油罐样品密度之差应在密度读数的 $\pm 0.5\%$ 内。如果罐内产品均匀，由手工取样引起的不确定度应该降低。在这种情况下，可以使用更严格的允差（即小于读数的 $\pm 0.5\%$ ），该允差可以使用统计质量控制的方法建立。

9.4.2 定期检验的频率

9.4.2.1 HTMS 主要组件的定期检验频率应该符合如下规定：

- a) ALG 应按照 ISO 4266-1 中给出的关于定期现场检验的频率进行检验。开始使用时，应该每个月进行一次检验。当连续运行六个月，性能一直稳定在检验允差以内时，检验时间间隔可以延长到每三个月一次；
- b) ATT 应按照 GB/T 21451.4 中给出的关于定期现场检验的频率进行检验。新安装的或修理过 ATT 应每三个月检验一次。如果 ATT 的性能稳定，检验频率可减小到每年一次；
- c) 对于压力传感器，压力传感器/变送器的零点稳定性和线性稳定性每年至少应按照初始检验程序检验一次。

9.4.2.2 使用 9.4.1.2 中规定的方法按照初始检验程序至少每三个月进行一次产品密度的比对。

注 1：通过使用质量控制方法，但不使用上述预定的时间，也可以确定定期检验的频率。

注 2：产品密度的多次比对可以使 ALG、ATT 或压力传感器/变送器组件存在的问题能够得到及早发现，而且可以提供 HTMS 有价值的统计数据。

9.5 基于质量交接的定期检验

9.5.1 方法和允差

9.5.1.1 基于质量交接的 HTMS,应对其主要组件进行如下检验:

- a) ALG 应按 ISO 4266-1 给出的定期校准检验程序进行检验,而且应满足表 1 中规定的允差;
- b) ATT 应按 GB/T 21451.4 给出的定期校准检验程序进行检验,而且应满足表 3 中规定的允差;
- c) 压力传感器/变送器零点和线性的稳定性应按照 9.4.1.1c) 中给出的方法进行检验,并且应满足表 2 中给出的允差。

9.5.1.2 在基于质量的交接计量中,HTMS 测量的产品密度与手工法确定的产品密度的比对不是必须进行的。如果需要,这种比对应按照 9.4.1.2 进行。

9.5.2 定期检验频率

在基于质量的交接计量中,对所用 HTMS 主要组件/测量性能的定期检验频率有如下规定:

- a) 新安装的或修理过的 ALG 应每三个月检验一次。如果 ALG 的性能稳定,则检验频率可以降低到每六个月一次,然而每三个月应进行一次密度比对,而且统计数据表明整个系统是稳定的;
- b) 新安装的或修理过的 ATT 应按照与 ALG 一致的频率进行检验;
- c) 压力传感器/变送器的零点和线性稳定性应按照初始检验程序每季度检验一次。如果压力传感器/变送器的线性是稳定的,则线性检验的频率可以降低到每六个月一次;
- d) HTMS 测量的产品密度与手工法测定密度的比对不是必须进行的。除此之外,如果密度比对用作降低 ALG 定期检验[9.5.2a)]频率的依据,则密度比对至少应每季度进行一次。

注:经常比较产品密度可确保早期发现 ALG、ATT 或压力传感器/变送器中的问题,并提供有价值的统计数据。

9.6 用于交接计量的 HTMS 在定期检验期间的超差处理

9.6.1 在定期现场检验期间,如果发现 HTMS 的组件超差,应该查明原因以确定该组件是否需要调整、校准、重新设置或修理。

9.6.2 在调整或修理之后,应使用 8.5 规定的程序重新检验对应组件。

附录 A
(资料性附录)
计算综述

A.1 概述

本附录给出了由 HTMS 混合处理器计算油罐液体密度及其他变量的方法,计算中各参数的单位及换算常数见表 A.1。有些厂家设计的 HTMS 可能比较独特,其特殊计算和相关细节不包括在内(如压力传感器的线性公式)。

表 A.1 HTMS 的公式单位表

常数	公式中使用的单位						
N	输入量			计算结果			
	计量压力	容积表容积	当地重力 加速度	液位	计量体积和 标准体积	计量密度和 标准密度	质量
1.000	Pa	m ³	m/s ²	m	m ³	kg/m ³	kg
1 000.0	kPa	m ³	m/s ²	m	m ³	kg/m ³	kg
100.0	mbar	m ³	m/s ²	m	m ³	kg/m ³	kg
100 000	bar	m ³	m/s ²	m	m ³	kg/m ³	kg

对于常压油罐,罐内蒸气密度以及环境空气密度仅对计算变量有次要影响,可以把它们作为常数处理,为了获得更高的精度,也可以使用计算法计算获得。罐内蒸气密度可以使用气体状态方程,由绝对蒸气压力和绝对蒸气温度以及蒸气相对密度计算得到。

环境空气密度可以使用气体状态方程,由绝对环境压力和绝对环境温度计算得到。环境空气密度的变化仅对计量密度有次要影响。提供给混合处理器的所有传感器的输入数据必须是同步的。

A.2 毛计量体积(GOV)

$$GOV=[(TOV-FW)\times CTSh]-FRV$$

式中:

GOV——毛计量体积;

TOV——由 ALG 和罐容表计算出的总计量体积;

FW——游离水的体积;

FRV——对于浮顶罐,液位高于起浮高度时的排液体积。

$$FRV=FRW/[(D_{ref}-1.1)\times VCF]$$

式中:

FRW——浮顶的表观质量(重量);

D_{ref} ——油品的标准密度;

VCF——由标准密度和计量温度查石油计量表得到的体积修正系数;

CTSh——罐壁热膨胀修正值。

$$CTSh=1+2\alpha(\Delta t)+\alpha^2(\Delta t)^2$$

式中:

α ——表 A.2 中给出的线膨胀系数。

注: CTSh 计算公式中的最后一项 $\alpha^2(\Delta t)^2$ 对计算结果影响很小,可忽略不计。

$$\Delta t = t_{sh} - t_B$$

式中:

t_{sh} ——罐壁温度(按 GB/T 19779 确定);

t_B ——罐容表的标定温度(编制罐容表设定的罐壁温度,我国通常为 20 °C);

注: 由 ALG 测量的液位 L 是相对于油罐容积表基准点的液位,温度线膨胀系数的影响已经在 L 中进行了补偿修正。

表 A.2 线膨胀系数

罐壁材质	$\alpha/^\circ\text{C}^{-1}$
低碳钢	0.000 011 2
304 不锈钢	0.000 017 3
316 不锈钢	0.000 015 9
17-4PH 不锈钢	0.000 010 8

A.3 油品计量密度(真空中)(D_{obs})

混合法计算密度的依据是压力平衡。任意两点间的压力增量和与其增加的路径无关。因此:

$$p_1 - p_3 = (\text{总液体产品压头} + \text{罐内蒸汽压头}) - P_1 \text{ 和 } P_3 \text{ 之间的环境空气压头}$$

液体或蒸汽的压头也可以通过油品的平均密度和高度近似计算出来,即:

$$\text{液体压头} = g \times (L - Z) \times D_{obs} \text{ (在 } P_1 \text{ 位置)}$$

$$\text{罐内蒸汽压头} = g \times [h_t - (L - Z)] \times D_v \text{ (在液面位置)}$$

$$\text{环境空气压头} = g \times h_t \times D_a \text{ (在 } P_1 \text{ 位置)}$$

因此, D_{obs} 值可以由下式计算:

$$D_{obs} = D_v + \frac{N \times (p_1 - p_3) - g \times (D_v - D_a) \times h_t}{g \times (L - Z)}$$

式中:

D_{obs} ——真空中液体的计量密度;

N ——单位常数(见表 A.1);

L ——ALG 的液位(实高)读数;

Z —— $h_b + h_o$ (变送器 P_1 到油罐基准板的根部高度,见图 A.1);

h_b ——从混合法参照点到传感器 P_1 压力中心的垂直距离;

h_o ——油罐基准板到混合法参照点的垂直距离;

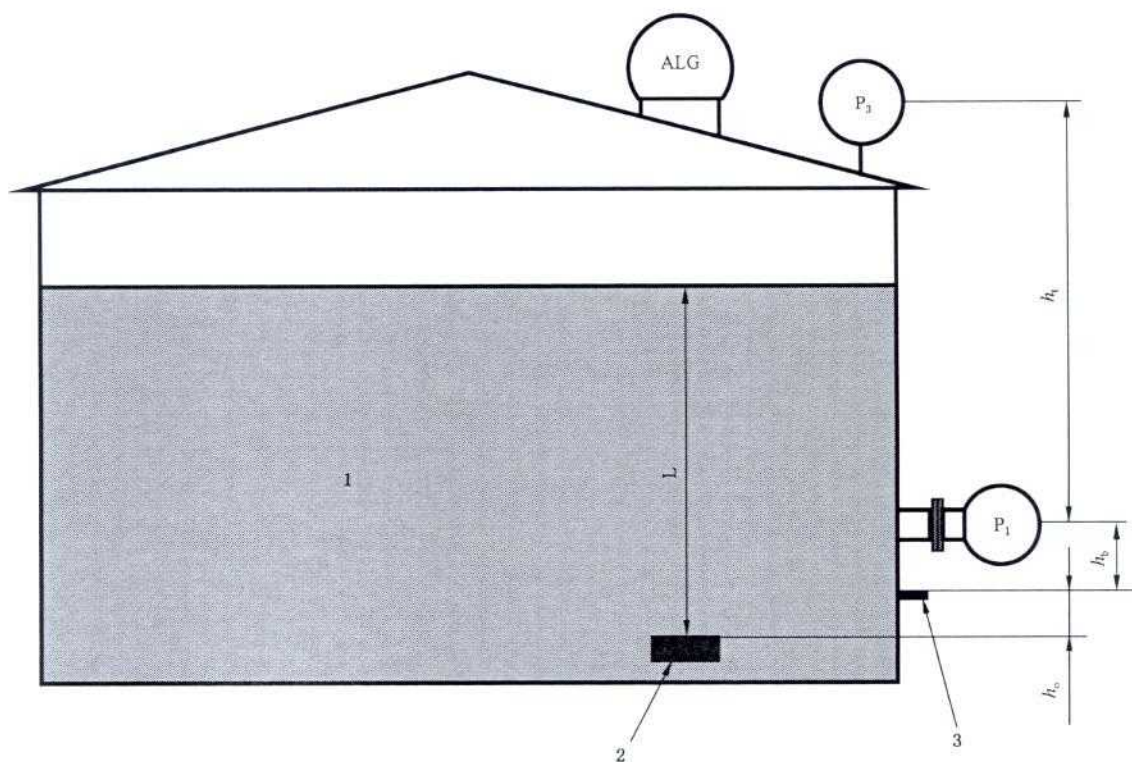
g ——当地的重力加速度;

h_t ——传感器 P_1 和 P_3 膜片受力中心之间的垂直距离;

D_v ——罐内蒸气密度;

D_a ——环境空气密度。

注: 如果混合法参照点与油罐基准板位于相同高度, $h_o = 0$ 。



- 1——液体；
2——基准板(点)(或检尺零点)；
3——混合法参照点。

注 1: $Z = h_b + h_o$ 。

注 2: ATT 未作注明。

图 A.1 固定顶罐的测量参数和变量

A.4 油品在真空中的质量(m_v)

$$m_v = \text{GOV} \times D_{\text{obs}}$$

式中：

m_v ——油品在真空中的质量；

GOV——在 A.2 中计算的毛计量体积；

D_{obs} ——在 A.3 中计算的油品计量密度(在真空中)。

注：对于常压储罐， $m_{\text{蒸汽}}$ 可以假定为零。

A.5 油品在空气中的表观质量(m_a)

$$m_a = m_v \times (1 - D_a / D_{\text{obs}})$$

式中：

m_a ——油品在空气中的表观质量；

m_v ——在 A.4 计算的油品在真空中的质量；

D_a ——环境空气密度(当无法直接测量时，空气密度按 1.1 kg/m^3 计算)；

D_{obs} ——在 A.3 中计算的液体计量密度(在真空中)。

A.6 毛标准体积(GSV)

$$GSV=GOV\times VCF$$

式中:

GOV——在 A.2 中计算的毛计量体积;

VCF——通常由 GB/T 1885 获得的体积修正系数。

附录 B

(资料性附录)

测量精度和不确定度分析

B.1 概述

只要 ALG 和压力传感器的安装正确,则计算密度、质量和标准体积的精度就取决于压力传感器、ALG 传感器、ATT 传感器、混合法参照点的位置测量、油罐容积表以及当地重力加速度的组合精度。

重力加速度的不确定度可以估算为 0.005%。在 B.2 到 B.4 的精度公式中,忽略不计重力加速度的不确定度。

在油品库存精度的计算公式中所使用的符号、定义和单位如下所示:

符号	定义	单位
L	ALG 的实高读数	m
p_1	压力传感器 P_1 的读数	Pa
p_3	压力传感器 P_3 的读数	Pa
t	ATT 温度传感器的读数	°C
Z	P_1 相对油罐基准点的偏距 ($=h_o + h_b$)	m
D_v	蒸气密度	kg/m ³
g	当地的重力加速度	m/s ²
D_{15}	15 °C 下的标准密度	kg/m ³
D	实际密度 (注:在不确定度的计算中,该密度为假定的实际密度,如果没有测量误差,则实际密度等同于计量密度。)	kg/m ³
U_{AE}	以百分数表示的油罐容积表的不确定度	%
U_{D15}	以百分数表示的标准密度的不确定度	%
U_D	以百分数表示的计量密度的不确定度	%
U_L	ALG 测量液位的不确定度	m
$U_{P1-zero}$	无压力作用时 P_1 的不确定度	Pa
$U_{P1-linearity}$	与作用压力相关的 P_1 的不确定度	读数的百分数
$U_{P1-total}$	P_1 的总不确定度(零点和线性误差的组合)	Pa
$U_{P3-zero}$	无压力作用时 P_3 的不确定度	Pa
$U_{P3-linearity}$	与作用压力相关的 P_3 的不确定度	读数的百分数
$U_{P3-total}$	P_3 的总不确定度(零点和线性误差的组合)	Pa
U_Z	根部高度 Z 的不确定度	m
U_t	ATT 测量温度的不确定度	°C
t_{ref}	标准体积的参比温度	°C
K_1, K_0	ISO 91 定义的热膨胀系数的常数	
F_Q	油罐结构系数(对于立式圆筒形罐, $F_Q = 1.0$) (公式见 B.5)	

在本附录中,不确定度的计算实例忽略了如下四项影响较小的不确定度来源:重力加速度(g)、环境空气密度 D_a 、蒸气密度 D_v 和距离 h_t 。

在 B.2 到 B.6 中,分三种情况给出了 HTMS 不确定度的计算实例,描述了 HTMS 的组件配置和相应的组合精度。每种情况都使用了每个参数的最大允许测量不确定度,每个参数都将其不确定度贡献给了最终的不确定度。这三种情况是:

- 情况 1:基于质量和体积两种交接计量而配置的 HTMS;
- 情况 2:基于体积交接计量而配置的 HTMS;
- 情况 3:基于质量交接计量而配置的 HTMS。

B.2 计量密度的不确定度

计量密度的不确定度(百分数)可以按如下公式评估:

$$U_D = \sqrt{\frac{U_{P1-total}^2 + U_{P3-total}^2}{g^2 D^2 (L-Z)^2} + \frac{U_L^2 + U_Z^2}{(L-Z)^2} \times \frac{(D-D_V)^2}{D^2}} \times 100$$
$$U_{P1-total} = U_{P1-zero} + p_{1applied} \times U_{P1-linearity}$$
$$p_{1applied} = g(L-Z)D + g[h_t - (L-Z)]D_V + p_{3max} - gh_t D_s \approx g(L-Z)(D-D_V) + p_{3max}$$
$$U_{P1-total} = U_{P1-zero} + [g(L-Z)(D-D_V) + p_{3max}] \times U_{P1-linearity}$$
$$U_{P3-total} = U_{P3-zero} + p_{3max} \times U_{P3-linearity}$$

计算实例见表 B.1 和表 B.2。

表 B.1 计量密度不确定度的实例——浮顶罐

产品:浮顶罐中的汽油				
$D=741.0 \text{ kg/m}^3$ $D_V=1.2 \text{ kg/m}^3$ $Z=0.2 \text{ m}$ $g=9.81 \text{ m/s}^2$				
传感器或测量数据的不确定度				
误差来源	单位	情况 1	情况 2	情况 3
P_1 零点误差($U_{P1-zero}$)	Pa	50	100	50
线性误差($U_{P1-linearity}$)	读数百分数	0.000 7	0.001 0	0.000 7
U_L	m	0.004	0.004	0.012
U_Z	m	0.003	0.003	0.003
立式圆筒形罐计量密度的不确定度[读数的±%]				
$L=4 \text{ m}$		0.283	0.480	0.411
$L=10 \text{ m}$		0.149	0.246	0.188
$L=16 \text{ m}$		0.118	0.190	0.138

表 B.2 计量密度不确定度的实例——固定顶罐

产品:各种结构的固定顶常压罐中柴油(或混合油)				
$D=842.9 \text{ kg/m}^3$ $D_V=1.2 \text{ kg/m}^3$ $Z=0.2 \text{ m}$ $g=9.81 \text{ m/s}^2$ $p_{3max}=5\,000 \text{ Pa}$				
传感器或测量数据的不确定度				
误差来源	单位	情况 1	情况 2	情况 3
P_1 零点误差($U_{P1-zero}$)	Pa	50	100	50
线性误差($U_{P1-linearity}$)	读数百分数	0.000 7	0.001 0	0.000 7
P_3 零点误差($U_{P3-zero}$)	Pa	24	40	24
线性误差($U_{P3-linearity}$)	读数百分数	0.002	0.005	0.002
U_L	m	0.004	0.004	0.012
U_Z	m	0.003	0.003	0.003

表 B.2 (续)

计量密度的不确定度[读数的±%]			
立式圆筒形罐			
L=4 m	0.294	0.498	0.418
L=10 m	0.151	0.248	0.190
L=16 m	0.118	0.190	0.138
球形罐,直径=20 m			
L=4 m	0.294	0.498	0.418
L=10 m	0.151	0.248	0.190
L=16 m	0.118	0.190	0.138
水平圆筒形罐			
L=1 m	1.194	2.050	1.849
L=2 m	0.560	0.957	0.841
L=3.5 m	0.330	0.561	0.476

B.3 质量的不确定度

质量计量的不确定度(百分数)可以由下式估算:

$$U_m = \sqrt{\left[\frac{U_L}{L} \left(F_0 \frac{L}{L-Z} \times \frac{D-D_v}{D} \right) \right]^2 + \frac{U_{P1-total}^2 + U_{P3-total}^2}{g^2 D^2 (L-Z)^2} + \frac{U_Z^2}{(L-Z)^2} \times \frac{(D-D_v)^2}{D^2} + U_{AE}^2} \times 100$$
$$U_{P1-total} = U_{P1-zero} + p_{1applied} \times U_{P1-linearity}$$
$$p_{1applied} = g(L-Z)D + g[h_t - (L-Z)]D_v + p_{3max} - gh_t D_n \approx g(L-Z)(D-D_v) + p_{3max}$$
$$U_{P1-total} = U_{P1-zero} + [g(L-Z)(D-D_v) + p_{3max}] \times U_{P1-linearity}$$
$$U_{P3-total} = U_{P3-zero} + p_{3max} \times U_{P3-linearity}$$

计算实例见表 B.3 和表 B.4。这些实例适用于静态条件(即油面和温度固定不变),而且不可与输转精度相混淆。

表 B.3 质量计量不确定度的实例——浮顶罐

产品:浮顶罐中的汽油				
$D=741.0 \text{ kg/m}^3$ $D_v=1.2 \text{ kg/m}^3$ $Z=0.2 \text{ m}$ $g=9.81 \text{ m/s}^2$				
传感器或测量数据的不确定度				
误差来源	单位	情况 1	情况 2	情况 3
P_1 零点误差($U_{P1-zero}$)	Pa	50	100	50
线性误差($U_{P1-linearity}$)	读数百分数	0.000 7	0.001 0	0.000 7
U_L	m	0.004	0.004	0.012
U_Z	m	0.003	0.003	0.003
U_{AE}	百分不确定度	0.001	0.001	0.001
立式圆筒形罐的质量计量不确定度[读数的±%]				
L=4 m		0.281	0.479	0.282
L=10 m		0.175	0.262	0.175
L=16 m		0.152	0.213	0.152

表 B.4 质量计量不确定度的实例——固定顶罐

产品:各种结构的固定顶常压罐中的柴油(或混合油)				
$D=842.9 \text{ kg/m}^3$ $D_v=1.2 \text{ kg/m}^3$ $Z=0.2 \text{ m}$ $g=9.81 \text{ m/s}^2$ $p_{3\max}=5\,000 \text{ Pa}$				
传感器或测量数据的不确定度				
误差来源	单位	情况 1	情况 2	情况 3
P_1 零点误差($U_{P1\text{-zero}}$)	Pa	50	100	50
线性误差($U_{P1\text{-linearity}}$)	读数百分数	0.000 7	0.001 0	0.000 7
P_3 零点误差($U_{P3\text{-zero}}$)	Pa	24	40	24
线性误差($U_{P3\text{-linearity}}$)	读数百分数	0.002	0.005	0.002
U_L	m	0.004	0.004	0.012
U_Z	m	0.003	0.003	0.003
U_{AE}	百分不确定度	0.001	0.001	0.001
质量计量的不确定度[读数的±%]				
立式圆筒形罐				
$L=4 \text{ m}$		0.293	0.497	0.293
$L=10 \text{ m}$		0.177	0.265	0.177
$L=16 \text{ m}$		0.153	0.213	0.153
球形罐,直径=20 m				
$L=4 \text{ m}$		0.303	0.501	0.377
$L=10 \text{ m}$		0.178	0.265	0.186
$L=16 \text{ m}$		0.153	0.213	0.153
水平圆筒形罐,直径=4 m				
$L=1 \text{ m}$		1.091	1.992	1.106
$L=2 \text{ m}$		0.524	0.937	0.533
$L=3.5 \text{ m}$		0.325	0.557	0.336

B.4 标准体积的不确定度

标准体积的库存不确定度(百分数)可以由下式估算:

$$U_{VS} = \sqrt{\left[\left(F_Q \times \frac{U_L}{L} \right)^2 + (U_{AE})^2 + \left(\frac{K_1}{D_{15}} + 2 \frac{K}{D_{15}^2} \right)^2 \times (t - t_{ref})^2 \times (U_{D15})^2 + \alpha^2 U_t^2 \right]} \times 100$$

计算实例见表 B.5 和 B.6。这些实例适用于静态条件(即油面和温度固定不变),而且不可与输转精度相混淆。

表 B.5 标准体积计量不确定度的实例——浮顶罐

产品:浮顶罐中的汽油				
$t_{ref}=15 \text{ }^\circ\text{C}$ $t=25 \text{ }^\circ\text{C}$ $D_{15}=750 \text{ kg/m}^3$ $K_0=346.422 \text{ 8/}^\circ\text{C}$ $K_1=0.438 \text{ 8/}^\circ\text{C}$				
传感器或测量数据的不确定度				
误差来源	单位	情况 1	情况 2	情况 3
U_L	m	0.004	0.004	0.012
U_t	$^\circ\text{C}$	0.5	0.5	1.0

表 B.5 (续)

U_{AE}	百分不确定度	0.001	0.001	0.001
U_{D15}	百分不确定度	0.005	0.005	0.005
标准体积计量的不确定度[读数的±%]				
$L=4\text{ m}$		0.142	0.142	0.316
$L=10\text{ m}$		0.108	0.108	0.156
$L=16\text{ m}$		0.103	0.103	0.125

表 B.6 标准体积计量不确定度的实例——固定顶罐

产品:各种结构的固定顶常压罐中的柴油(或混合油)				
$t_{ref}=15\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $D_{15}=850\text{ kg/m}^3$ $K_0=186.969\text{ 6/}^{\circ}\text{C}$ $K_1=0.486\text{ 2/}^{\circ}\text{C}$				
传感器或测量数据的不确定度				
误差来源	单位	情况 1	情况 2	情况 3
U_L	m	0.004	0.004	0.012
U_t	$^{\circ}\text{C}$	0.5	0.5	1.0
U_{AE}	百分不确定度	0.001	0.001	0.001
U_{D15}	百分不确定度	0.005	0.005	0.005
标准体积计量的不确定度[读数的±%]				
立式圆筒形罐				
$L=4\text{ m}$		0.142	0.142	0.316
$L=10\text{ m}$		0.108	0.108	0.156
$L=16\text{ m}$		0.103	0.103	0.125
球形罐,直径=20 m				
$L=4\text{ m}$		0.210	0.210	0.563
$L=10\text{ m}$		0.117	0.117	0.206
$L=16\text{ m}$		0.102	0.102	0.119
水平圆筒形罐,直径=4 m				
$L=1\text{ m}$		0.573	0.573	1.695
$L=2\text{ m}$		0.274	0.274	0.770
$L=3.5\text{ m}$		0.138	0.138	0.302

B.5 油罐结构系数

对于不同的油罐形状,可以用系数 F_Q 调整 B.3(质量)和 B.4(标准体积)中给出的精度公式。

B.5.1 立式圆筒形罐

$F_Q=1.0$

B.5.2 球形罐(d_i 为内直径)

$$F_Q=\frac{6-6\left(\frac{L}{d_i}\right)}{3-2\left(\frac{L}{d_i}\right)}$$

B.5.3 水平圆筒形罐(d_i 为内直径)

$$F_Q = \frac{2\left(\frac{L}{d_i}\right)^2 \sqrt{\frac{d_i}{L} - 1}}{0.25 \arccos\left[1 - 2\left(\frac{L}{d_i}\right)\right] + \left(\frac{L}{d_i} - 0.5\right) \times \sqrt{\frac{L}{d_i} - \left(\frac{L}{d_i}\right)^2}}$$

B.6 $h_{\min}$ 的确定

$h_{\min}$ 代表某一液位,在低于该液位时,计量密度的精度低于用户定义的允许值。 $h_{\min}$ 可以按如下方法计算。

——定义如下两个常数(A 和 B)以简化 $h_{\min}$ 的公式:

$$A = U_{P1-zero} + p_{3max} \times U_{P1-linearity}$$

$$B = (U_{P3-zero} + p_{3max} \times U_{P3-linearity})^2 + (g^2 \times U_L^2 + g^2 \times U_Z^2) \times (D - D_V)^2$$

——由下式计算 $h_{\min}$:

$$L = Z + \frac{A \times (D - D_V) \times U_{P1-linearity} + \sqrt{A^2 \times U_D^2 \times D^2 + [D^2 \times U_D^2 - (D - D_V)^2 \times U_{P1-linearity}^2]} \times B}{g \times [D^2 \times U_D^2 - (D - D_V)^2 \times U_{P1-linearity}^2]}$$

$h_{\min}$ 的计算实例见表 B.7 和 B.8。

表 B.7 $h_{\min}$ 的计算实例——浮顶罐

产品:浮顶罐中的汽油				
$D=741.0 \text{ kg/m}^3$ $D_V=1.2 \text{ kg/m}^3$ $Z=0.2 \text{ m}$ $g=9.81 \text{ m/s}^2$				
传感器或测量数据的不确定度				
误差来源	单位	情况 1	情况 2	情况 3
P_1 零点误差($U_{P1-zero}$)	Pa	50	100	50
线性误差($U_{P1-linearity}$)	读数百分数	0.000 7	0.001 0	0.000 7
U_L	m	0.004	0.004	0.012
U_Z	m	0.003	0.003	0.003
立式圆筒形油罐的 $h_{\min}/\text{m}$				
密度不确定度=0.2%		6.31	14.38	9.24
密度不确定度=0.3%		3.73	7.37	5.64
密度不确定度=0.5%		2.12	3.81	3.26
密度不确定度=1.0%		1.10	1.82	1.67

表 B.8 $h_{\min}$ 的计算实例——固定顶罐

产品:各种结构的固定顶常压罐中的柴油(或混合油)				
$D=842.9 \text{ kg/m}^3$ $D_V=1.2 \text{ kg/m}^3$ $Z=0.2 \text{ m}$ $g=9.81 \text{ m/s}^2$ $p_{3max}=5\,000 \text{ Pa}$				
传感器或测量数据的不确定度				
误差来源	单位	情况 1	情况 2	情况 3
P_1 零点误差($U_{P1-zero}$)	Pa	50	100	50
线性误差($U_{P1-linearity}$)	读数百分数	0.000 7	0.001 0	0.000 7
P_3 零点误差($U_{P3-zero}$)	Pa	24	40	24
线性误差($U_{P3-linearity}$)	读数百分数	0.002	0.005	0.002

表 B.8 (续)

U_L	m	0.004	0.004	0.012
U_z	m	0.003	0.003	0.003
h_{mn}/m				
与油罐形状无关				
密度不确定度=0.2%		6.54	14.44	9.35
密度不确定度=0.3%		3.91	7.57	5.74
密度不确定度=0.5%		2.24	3.99	3.33
密度不确定度=1.0%		1.16	1.92	1.70

B.7 密度不确定度对体积修正系数(VCF)的影响

对于原油和石油产品,计量密度(D_{obs})对计算 VCF 的影响可以在表 B.9 和 B.10 的例子中看到。
对于重油,如原油,VCF 随油品密度误差变化的敏感性较小,也可在表 B.9 和 B.10 中看到。

表 B.9 原油密度不确定度对体积修正系数影响的例子

依据:油品温度=20℃ “真实”标准密度是 885 kg/m ³ 体积修正系数表:ISO 91-1:1992,表 54A									
15℃密度 kg/m ³	881.5	882.3	885.0	887.7	888.5	889.4	891.6	892.1	893.9
不确定度 (读数百分数)	—0.40	—0.3	0.00	0.30	0.40	0.50	0.75	0.80	1.00
计算的 VCF	0.996 0	0.996 1	0.996 1	0.996 1	0.996 1	0.996 1	0.996 1	0.996 1	0.996 2

表 B.10 石油产品密度不确定度对体积修正系数影响的例子

依据:油品温度=20℃ “真实”密度是 745 kg/m ³ 体积修正系数表:ISO 91-1:1992,表 54B										
15℃密度 kg/m ³	739.0	739.4	741.3	742.0	742.8	745.0	745.8	746.5	746.9	747.2
不确定度 (读数百分数)	—0.80	—0.75	—0.50	—0.40	—0.30	0.00	0.10	0.20	0.25	0.30
计算的 VCF	0.993 8	0.993 9	0.993 9	0.993 9	0.993 9	0.993 9	0.993 9	0.993 9	0.993 9	0.994 0

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
石油和液体石油产品
采用混合式油罐测量系统
测量立式圆筒形油罐内油品体积、
密度和质量的方法
GB/T 25964—2010

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

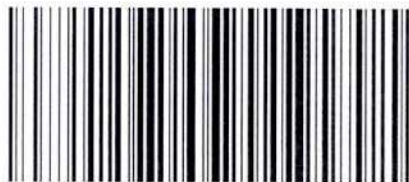
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 47 千字
2011年5月第一版 2011年5月第一次印刷

*

书号: 155066·1-42124 定价 27.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 25964-2010